

Evaluación continuada automática de Fundamentos de Programación en C

Continued Automatic Assessment of the Fundamentals of C-Programming

A. García-Beltrán, R. Martínez, J. A. Jaén, S. Tapia y F. J. Del Álamo
{agarcia, raquelm, jjaen, stapia, fjalamo}@etsii.upm.es

Departamento de Automática, Ing. Electrónica e Informática Industrial
Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España

Resumen- En este trabajo se describe el uso de un sistema de evaluación automática como herramienta de apoyo para el aprendizaje y seguimiento continuado de los alumnos de la asignatura de Fundamentos de Programación del primer curso de las titulaciones de los grados de Ingeniería en Tecnologías Industriales y de Ingeniería Química impartidos en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSII-UPM) desde el curso 2010-11. El sistema de evaluación se implementa mediante uno de los módulos de la plataforma AulaWeb desarrollada en la UPM. Se analizan además los resultados obtenidos considerando que las calificaciones obtenidas en los ejercicios programados pueden tenerse en cuenta en la calificación final de la asignatura como parte de la evaluación continuada durante el periodo académico de acuerdo con la metodología propuesta en el Proceso de Bolonia para los estudios universitarios.

Palabras clave: *autoevaluación, programación de ordenadores, evaluación continuada.*

Abstract- This study describes the use of an automatic evaluation system as a support tool for the teaching and continuous monitoring of first year students in the subject of Fundamentals of Programming for the degrees of Industrial Technology Engineering and Chemical Engineering taught at the Madrid Polytechnic University School of Industrial Engineering (ETSII-UPM), beginning with the academic year 2010-11. The evaluation system is implemented by means of one of the AulaWeb platform modules developed in the UPM. In addition, an analysis is carried out on data regarding progress and the results obtained considering the fact that the marks received on the programmed exercises can be taken into account for the final qualifying mark in the subject as part of the continued evaluation during the academic period in accordance with the methodology proposed by the Bologna Process for university studies.

Keywords: *self-assessment, computer programming, continuous assessment*

1. INTRODUCCIÓN

Las metodologías propuestas en el proceso de Bolonia para los estudios universitarios animan a la implantación de actividades que fomenten la evaluación continuada del estudiante durante todo el periodo académico. Estas acciones

pueden ser muy ineficientes y arduas de implementar en asignaturas con un número elevado de alumnos matriculados en relación con el número de profesores asignados. Por un lado el tiempo de preparación de las pruebas de evaluación y, especialmente, de la corrección de dichas prácticas puede constituir un trabajo inabordable por parte del personal docente. Por otro lado, la transmisión de los resultados de la corrección puede dilatarse excesivamente en el tiempo, dando lugar a un proceso pedagógicamente inútil considerando la naturaleza y contenido de algunas materias y los relativamente cortos periodos académicos. Para remediar estos problemas algunos autores proponen la implantación de un sistema web que permita la evaluación automática e inmediata de los alumnos durante el curso (Burguillo, Benloch, Santos, Rodríguez y Buendía, 2001; Catenacci y Sommaruga, 1999 y Foxley, Higgins, Tsintsifas y Symeonidis, 2000). La mayoría de estas herramientas están basadas en un conjunto de preguntas que pueden ser fácilmente corregidas por un ordenador (preguntas de tipo test de opción simple o múltiple o de respuesta numérica). Estos tipos de preguntas pueden ser adecuados para muchas asignaturas por su naturaleza pero en algunas materias como, por ejemplo, la programación de ordenadores pueden no ser las más convenientes (Pérez, Herrero, Sánchez y Robles, 2005). En este tipo de asignaturas lo ideal es que el alumno pueda dar como respuesta un programa o fragmento de código de programación que resuelva un determinado problema. Este trabajo implementa un sistema original de evaluación continuada que permite la configuración e implementación de preguntas con respuesta de código de programación y su corrección automática (García-Beltrán, Tapia, Martínez y González, 2007). Además el sistema se ha validado durante los últimos tres cursos en asignaturas de dos titulaciones universitarias con cerca de 2000 alumnos.

2. CONTEXTO

Esta iniciativa se encuadra dentro de un proyecto desarrollado en el marco de la convocatoria de la UPM de Ayudas a la Innovación Educativa y a la Mejora de la Calidad de la Enseñanza. Los objetivos generales incluyen los siguientes fines:

- Mejorar la eficiencia en los procesos de adquisición de los resultados de aprendizaje por parte de los estudiantes, con especial atención a la incorporación de metodologías activas para el aprendizaje.
- Aprovechar las nuevas oportunidades que ofrecen las Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento (TAC) para enriquecer los procesos formativos y de gestión docente.
- Desarrollar repositorios de prácticas, recursos docentes, y actividades, que faciliten la experimentación así como el aprendizaje autónomo, activo y virtual.

El proyecto pretende generar material de apoyo, en concreto, una base de datos de preguntas para el sistema de autoevaluación utilizado dentro de los procesos de enseñanza/aprendizaje en algunas de las asignaturas impartidas por la Unidad Docente de Informática Industrial en distintas asignaturas pertenecientes de los diferentes planes de estudios que se imparten en la ETSII-UPM, de acuerdo con la metodología propuesta en el Proceso de Bolonia para los estudios universitarios. La complejidad del proyecto se focaliza en el desarrollo de preguntas de codificación en el que el enunciado pide al usuario la introducción de un fragmento de código que resuelva un determinado problema de programación. En este tipo de preguntas el sistema permite la compilación y la verificación o corrección de la respuesta de forma automática e inmediata. Esto permite la implementación flexible de escenarios docentes virtuales que pueden emplearse tanto para el aprendizaje y autoevaluación del alumno como para su evaluación formal. La asignatura afectada en la propuesta es la de Fundamentos de Programación (FP) del primer curso y segundo cuatrimestre de las titulaciones del Grado de Ingeniero en Tecnologías Industriales (GITI) con cerca de 600 alumnos matriculados cada curso y Grado de Ingeniero Químico (GIQ) con unos cien matriculados por curso.

Para conseguir tales objetivos es necesaria la coordinación en la planificación de las asignaturas de todos los grados y titulaciones y la colaboración de todos los profesores de la Unidad Docente implicados. El número de profesores implicados es cinco y el número total de alumnos a los que afectaría superaría presumiblemente los 700, contando los alumnos del GITI y del GIQ (todos los alumnos de nuevo ingreso más los repetidores).

Los resultados que se pretenden obtener se resumen en el diseño y desarrollo de un conjunto de preguntas de autoevaluación para el sistema de evaluación continua, implementado en la plataforma AulaWeb de la ETSII-UPM, que permitan al alumno determinar de forma flexible, automática y cómoda el rendimiento de su proceso de aprendizaje y faciliten al profesor el seguimiento del nivel de aprendizaje de grupos numerosos de alumnos tal y como establecen las directivas del Espacio Europeo de Educación Superior. Las preguntas deben evaluar niveles de conocimiento, comprensión y aplicación [Sánchez y Taylor, 2005]. El nivel de aplicación se evaluará específicamente mediante preguntas con respuestas de código de programación en C [González, 2005; Laínez, 2007].

Los indicadores para la evaluación de los resultados de su proyecto se basan en los datos de utilización del sistema de autoevaluación y las encuestas realizadas ad hoc. En concreto:

- Cuantificación y cualificación de la base de preguntas generada para el sistema virtual de autoevaluación
- Nivel de participación activa por parte de los alumnos en los ejercicios de programación del sistema de evaluación continua
- Valoraciones cualitativas de los alumnos del sistema virtual de autoevaluación de la asignatura.

3. DESCRIPCIÓN

La plataforma AulaWeb ha sido desarrollada por el Laboratorio de Informática Industrial de la UPM y ha sido empleada por alumnos y profesores de esta Universidad desde 1999 (García-Beltrán y Martínez, 2006). AulaWeb se ha utilizado fundamentalmente como herramienta de apoyo para la impartición y el seguimiento de asignaturas presenciales de las carreras impartidas en sus centros. Entre otras cosas el entorno permite la realización de diversas actividades docentes (publicación de recursos formativos, publicación y entrega de trabajos, configuración y realización de ejercicios de autoevaluación, establecimiento de tutorías virtuales...) mediante el empleo de un navegador Web. En las siguientes secciones se describe la metodología y las técnicas empleadas.

A. Realización de los ejercicios de autoevaluación

Desde el curso 2010-11 y a lo largo de cada periodo académico se realiza una evaluación continuada de ejercicios propuestos sobre el contenido de los capítulos del temario de la asignatura de FP según se van impartiendo en clase. Estos ejercicios serán resueltos y entregados por los alumnos a través de AulaWeb con carácter voluntario. Los ejercicios tienen un peso del 10% en la calificación final del alumno en la asignatura siempre que en el examen final se alcance una calificación igual o superior a 4 sobre un máximo de 10 puntos. Para posibilitar la implantación de esta actividad de aprendizaje virtual, los profesores han elaborado una base de datos de más de 200 preguntas. En la tabla 1 se muestra la distribución de preguntas por capítulos del temario.

Tabla 1. Contenido de la base de datos de preguntas de FP

Capítulo	Nº de preguntas
Introducción. Codificación binaria	73
Estructura de un programa	17
Datos simples	24
Expresiones y operadores	42
Sentencias	40
Funciones	35
Arrays, Vectores y Cadenas	38
Punteros	22
Estructuras	18
Archivos	24
Total	464

Con esta base de datos los profesores pueden configurar los ejercicios correspondientes a cada uno de los capítulos del temario de la asignatura. Dichos ejercicios pueden ser realizados por los alumnos, conforme el profesor de cada grupo va impartiendo la materia a lo largo de las clases teóricas. En la tabla 2 se muestran los ejercicios configurados y las fechas de inicio y final correspondientes.

Tabla 2. Fechas de inicio y final de entrega de los ejercicios de FP en 2012-13 para los alumnos del GITI

Nº	Título	Inicio	Fin
1	Fundamentos	27/02/2013	7/03/2013
2	Estruct. de un programa y tipos de dato	28/02/2013	12/03/2013
3	Expresiones y operadores	07/03/2013	26/04/2013
4	Sentencias	14/03/2013	3/04/2013
5	Funciones	04/04/2013	19/04/2013
6	Arrays y cadenas	22/04/2013	7/05/2013
7	Punteros, estructuras y archivos	15/05/2013	28/05/2013

Durante el periodo docente el profesor va informando, en las clases teóricas de la asignatura, acerca de la publicación de cada uno de los ejercicios y de la posibilidad de comenzar la autoevaluación virtual. Estos anuncios también se publican en el sistema de noticias de la propia herramienta. Como el ritmo de impartición de la materia es parecido en todos los grupos, la fecha límite de realización de cada ejercicio se hace diferir sólo en uno o dos días para cada uno de los grupos con el fin de no saturar al servidor. Por otro lado, se les informa a los alumnos de la posibilidad de realizar varias veces un mismo ejercicio, con el fin de mejorar la puntuación media ponderada que se contabiliza como resultado en la evaluación continuada. Además, se les recuerda que pueden realizar libremente, y sin efecto en la calificación, todos los ejercicios que deseen, configurados por ellos mismos para familiarizarse con el sistema y con el nivel de dificultad de las preguntas.

Para la implementación de los ejercicios de autoevaluación de la asignatura de FP se han desarrollado una base de datos de preguntas clasificadas dentro de los distintos capítulos del temario y por niveles de dificultad: muy fácil, fácil, medio, difícil y muy difícil. Además, las preguntas pueden clasificarse según el tipo de respuesta, por ejemplo, tipo test de respuesta simple o múltiple, numérica o cadena de caracteres. Algunas de las preguntas (denominadas de enunciado variante) se han configurado de manera que los datos del enunciado se generen aleatoriamente. Esta característica da lugar a que, una pregunta variante da lugar a un gran número de preguntas diferentes. El tipo de pregunta de código, exclusiva de la plataforma AulaWeb resulta muy interesante en esta asignatura, ya que permite la simulación de un entorno de programación y el planteamiento de preguntas en las que el alumno debe completar un programa o código de forma que realice una tarea determinada. La finalidad fundamental de este tipo de preguntas es fijar los conceptos y técnicas de programación descritas en las demás actividades docentes y acercarse a los aspectos reales aprendiendo los métodos prácticos de la asignatura de manera activa.

B. Las preguntas de código de C

Las preguntas de código de programación se han implementado mediante un *applet* de Java que acompaña al enunciado de la misma y que es mostrado en la ventana del navegador (Figura 1) del alumno. Este *applet* emula un entorno virtual de desarrollo de software que permite realizar ejercicios de programación con el navegador sin necesidad de instalar un entorno real de programación y conocer de forma inmediata y automática si la respuesta introducida (código de C) es correcta o no. Los alumnos no necesitan la instalación de ninguna herramienta de software en su ordenador salvo el propio navegador web, ya que pueden emplear la ventana de edición del entorno virtual para introducir y editar el código respuesta y las opciones de la barra de menú para compilar o ejecutar el código. Si se genera un error de compilación al usar la opción **Compile**, aparece una nueva ventana con el mensaje de error correspondiente. La opción **Run** permite ejecutar un programa corrector que incluye el código necesario para detectar errores lógicos o de ejecución, en cuyo caso se indica también con el mensaje correspondiente. Al usar esta opción (y también cuando el alumno finaliza el ejercicio), las respuestas a este tipo de preguntas son enviadas al servidor de AulaWeb para su corrección automática, siendo la contestación inmediata. Para poder llevar a cabo la corrección virtual *on-line* de las preguntas de código de programación, se ha instalado en dicho servidor un compilador de C.

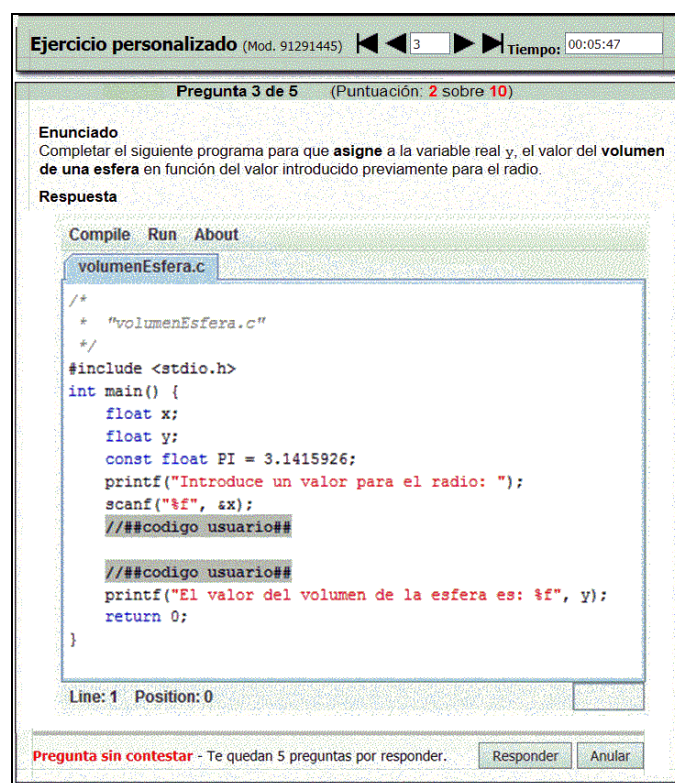


Figura 1. Interfaz de usuario con una pregunta de código en C.

4. RESULTADOS

A nivel oficial, para cada titulación, se consideran dos asignaturas diferentes con códigos identificadores distintos (55000007 para GITI y 55001007 para GIQ), exámenes y

actas de calificaciones separadas, pero a nivel docente son equivalentes: igual número de créditos y horas semanales de clase y mismo temario, contenidos docentes, prácticas y sistema de autoevaluación. En el curso 2012-13 los 608 alumnos del GITI se han distribuido en seis grupos (tres con horario de clases por la mañana y otros tres con horario de tarde) mientras que los 124 alumnos del GIQ se han concentrado en un sólo grupo con horario matinal. El número de alumnos de nuevo ingreso es de 400 (con una calificación mínima de Selectividad de 11,402) en el caso de GITI y de 75 con 10,440 de nota mínima de Selectividad) en el caso de GIQ. El total de los alumnos (732, incluidos los alumnos repetidores) y profesores (5) se reparten en los distintos grupos como se muestra en la Tabla 3. La relación alumno-profesor es 146/1.

Tabla 3. Número de alumnos matriculados en cada uno de los grupos de FP en el curso 2012-13

Grupo	Alumnos	Profesor
1M1	91	R. Martínez
1M2	107	S. Tapia
1M3	103	J. A. Jaén
1T1	108	S. Tapia
1T2	106	F. J. del Álamo
1T3	92	A. García-Beltrán
GIQ	124	J. A. Jaén

Según el registro del propio sistema, el número total de accesos de usuarios registrados en AulaWeb durante todo el periodo académico (de enero a junio de 2013) correspondiente a los alumnos del GITI y matriculados en la asignatura ha sido de 83069. Es importante tener en cuenta que la entrada al sistema no implica necesariamente el acceso a alguna sección (por ejemplo, Contenidos o Actividades) correspondiente a la asignatura de Fundamentos de Programación: muchos alumnos matriculados pueden acceder a AulaWeb para trabajar con otras asignaturas. Se observa que los meses con un mayor número de visitas son marzo y mayo, probablemente por ser los de mayor actividad docente del cuatrimestre (mayor número de días lectivos, realización de ejercicios de autoevaluación...).

A. Ejercicios realizados y calificaciones obtenidas

En la Figura 2 se muestra el número de alumnos de cada grupo que han realizado cada uno de los siete ejercicios de autoevaluación programados en el curso 2012-13. La línea generalmente descendente del número de alumnos que realizan la secuencia de ejercicios propuestos durante el periodo académico indica el nivel de abandono de dicha actividad en todos los grupos. En general, las curvas que se obtienen para cada uno de los grupos de alumnos son bastante horizontales hasta el quinto ejercicio aunque con una incipiente pendiente negativa al final. Se observa que en algún caso el abandono con respecto al arranque inicial es superior al 60%.

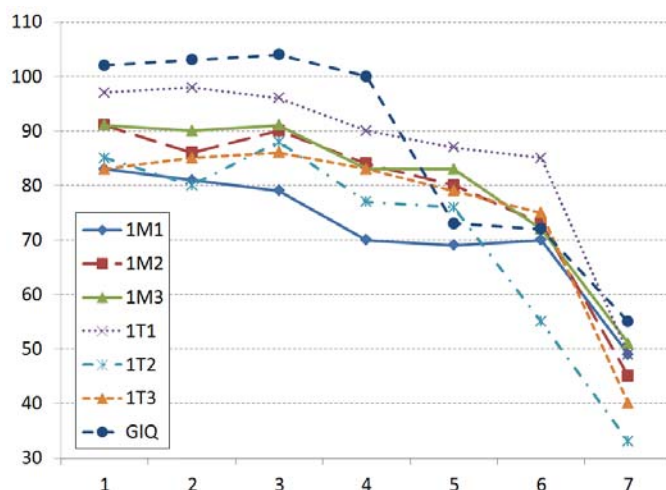


Figura 2. N° de alumnos de cada grupo que han realizado cada uno de los 7 ejercicios programados en el curso 2012-13

En la Figura 3 se muestra el número total de ejercicios programados realizados por los alumnos de cada grupo de la asignatura en el curso 2012-13.

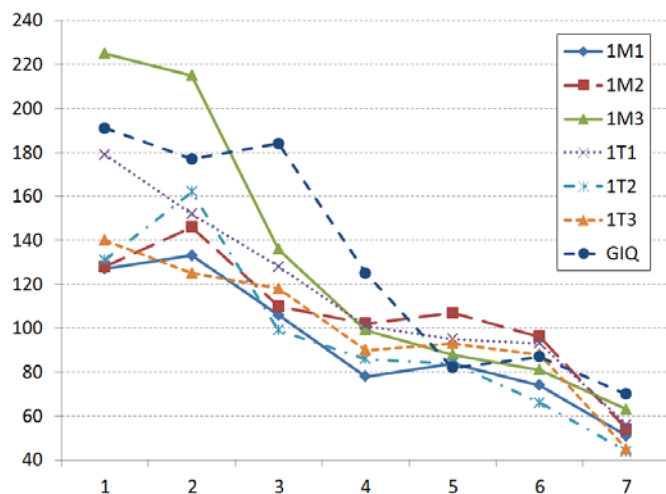


Figura 3. Número de ejercicios de autoevaluación realizados por los alumnos de cada grupo en el curso 2012-13

También puede observarse que el número total de ejercicios realizados al principio es relativamente muy elevado pero decae rápidamente conforme avanza el curso. El descenso en el número de ejercicios realizado puede ser debido a varias causas que se superponen:

- La falta de rodaje en el sistema que hace que al principio los alumnos tiendan a repetir varias veces un mismo ejercicio (por equivocación o desconocimiento de la forma de evaluación).
- La paulatina falta de tiempo de los alumnos que siguen la actividad.
- La dificultad creciente del temario.

- El consiguiente efecto del abandono de la actividad de algunos alumnos (y probablemente del estudio de la asignatura) según se mostraba en la figura anterior.

De forma excepcional se aprecia una ligera subida en el número de ejercicios realizados en el ejercicio del capítulo 5 (Funciones) del temario en la mitad de los grupos de alumnos. En la Figura 4 se muestra la calificación media de los ejercicios de autoevaluación programados realizados por los alumnos de cada grupo en la asignatura en el curso 2012-13.

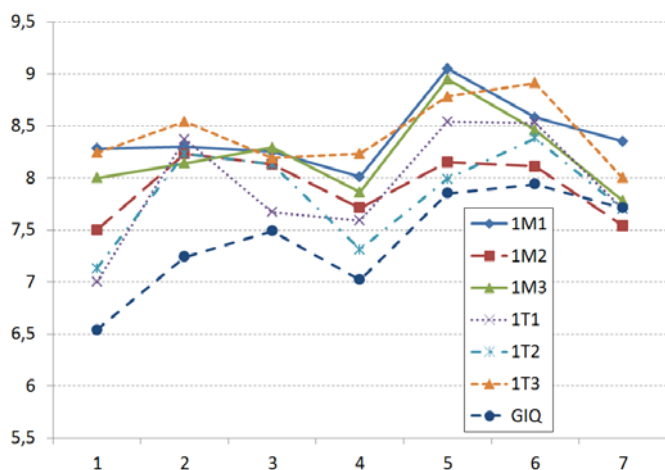


Figura 4. Calificación media de los ejercicios realizados por los alumnos de cada grupo en el curso 2012-13

Las calificaciones medias de los ejercicios para cada grupo se encuentran entre el 9,1 y el 6,5 (sobre una calificación máxima de 10). La calificación media no sufre una tendencia clara (ni creciente ni decreciente) a nivel temporal pero se desprende de estos datos que los ejercicios con peores resultados corresponden a los capítulos 1 (Introducción) y 4 (Sentencias) mientras que los de mejor resultado son los de los capítulos 5 (Funciones) y 6 (Arrays). Las calificaciones medias correspondientes al grupo del GIQ son sensiblemente inferiores en casi todos los ejercicios (salvo el último) al resto de grupos. Los resultados generales obtenidos al final del cuatrimestre en la autoevaluación se muestran en la Figura 5 para el conjunto de alumnos del GITI y en la Figura 6 para los alumnos del GIQ.

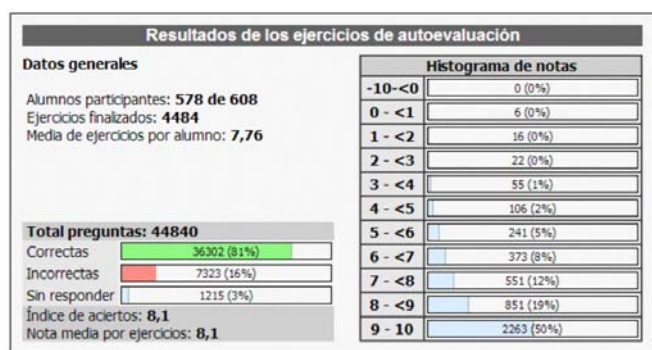


Figura 5. Resumen de los resultados de los ejercicios de autoevaluación (GITI) para el curso 2012-13.

Es de destacar la elevada participación en ambos casos: 578 de 608 alumnos (95,0%) en GITI y 114 de 124 alumnos (91,9%) en GIQ han realizado al menos un ejercicio de autoevaluación. Por otro lado, las calificaciones de los ejercicios son muy buenas en términos generales y el número de preguntas sin responder apenas llega al 3%. La calificación media de los ejercicios de los alumnos del GITI es 0,71 puntos superior a la de los alumnos del GIQ (8,1 frente a 7,27), mientras que éstos han realizado 0,28 ejercicios más de media por alumno (8,04 frente a 7,76).

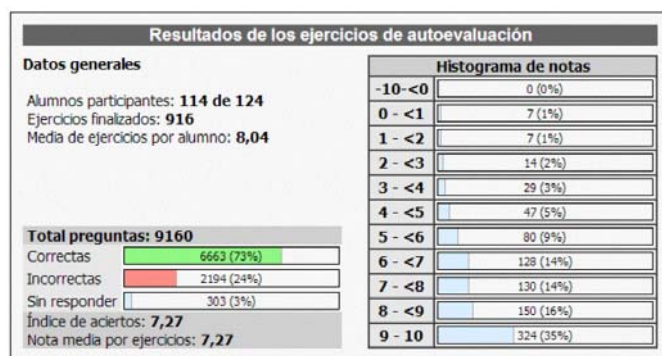


Figura 6. Resumen de los resultados de los ejercicios de autoevaluación (GIQ) para el curso 2012-13.

En la Figura 7 (para los alumnos de GITI) se muestra la distribución de fechas de realización de los ejercicios, junto con los intervalos de días (desde la fecha de publicación hasta la fecha límite) para la realización de cada uno de ellos. En el caso de los alumnos del GIQ la distribución es similar.

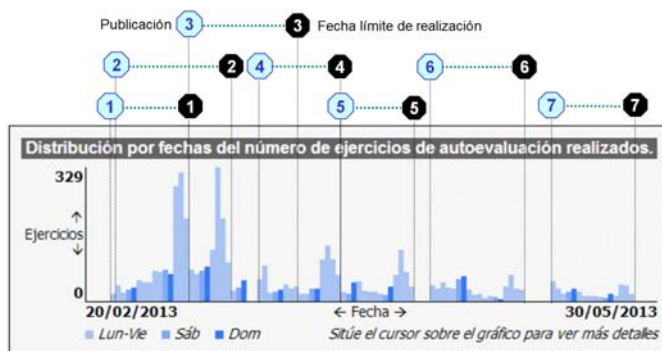


Figura 7. Distribución de las fechas de realización de los ejercicios de autoevaluación de la asignatura de GITI en el curso 2012-13.

Es importante destacar algunas de las características especiales de la implantación del sistema de autoevaluación para la asignatura de Informática en el curso 2012-13:

- El primer capítulo del temario, Introducción, corresponde a una introducción a la asignatura en el que se tratan cuestiones conceptuales y teóricas de la Informática. No hay, por lo tanto, ejercicios de tipo práctico de programación. Este capítulo lleva aproximadamente dos semanas del calendario académico.

- El periodo de realización de ejercicios de autoevaluación comprende desde el 27/02/2013 hasta el 28/05/2013. Debido a los diferentes ritmos de impartición del temario de la asignatura en cada grupo y también para evitar problemas de saturación en el servidor, se configuran diferentes fechas límite (en días consecutivos) para cada uno de los ejercicios según el grupo.

B. La opinión de los alumnos

Al finalizar el cuatrimestre, y una vez utilizado el sistema de evaluación automática como herramienta de apoyo para el aprendizaje, es de gran interés hacer una evaluación de la utilidad entre los alumnos que lo han empleado. Para recoger estas opiniones se ha aprovechado el cuestionario incluido en AulaWeb. En las respuestas del alumnado se destaca la buena opinión acerca del sistema AulaWeb en general y, en particular, la facilidad de empleo y la utilidad del sistema virtual de autoevaluación, cuyo uso ellos harían extensible a otras asignaturas. En concreto se subraya la ayuda que ha supuesto para el auto-aprendizaje activo y para consolidar el trabajo continuo de forma personalizada durante todo el periodo académico. También se destaca la flexibilidad temporal y espacial para realizar las actividades así como la posibilidad de realizar tantos ejercicios como sea necesario adaptándose al ritmo de aprendizaje de cada alumno. Entre los puntos negativos indicados por los alumnos destacan la existencia de problemas técnicos y de conexión con la plataforma y la percepción de una cierta diferencia en el nivel de dificultad entre las preguntas del sistema de autoevaluación (más fáciles) y las preguntas del examen (más difíciles)

5. CONCLUSIONES

La experiencia en la utilización de herramientas que aprovechan las nuevas tecnologías en el ámbito de la formación y el aprendizaje con el objetivo final de mejorar la calidad de la enseñanza ha demostrado que dicho empleo se hace imprescindible en muchas materias, especialmente del campo de la ingeniería y con grupos numerosos de alumnos. Este tipo de sistemas de evaluación continuada pueden implementarse fácilmente con casi cualquiera de las plataformas de tele-educación implantadas actualmente en las Universidades. En cualquier caso es conveniente adaptarlas a las necesidades específicas de las asignaturas y del grupo de alumnos correspondiente. Con respecto a la utilización de AulaWeb en la asignatura de Fundamentos de Programación en la ETSII-UPM:

- Se debe resaltar que la aplicación es muy versátil y muy sencilla de utilizar tanto por parte de los alumnos como por parte de los profesores.
- La posibilidad de acceso desde cualquier ordenador conectado a internet es una de las principales ventajas del sistema lo que ha permitido que un porcentaje muy elevado del alumnado lo haya podido utilizar.
- El entorno de usuario, mediante una interfaz gráfica personalizada para cada tipo de usuario, es muy intuitivo y fácil de aprender y emplear.

- La evaluación automática continuada obliga a los alumnos a trabajar de forma constante y activa durante todo el curso académico
- El sistema puede servir tanto para poder aumentar la calificación final de la asignatura como para conocer su nivel de conocimientos conforme avanza el periodo académico.
- Por otro lado, al profesorado se le ahorra el esfuerzo de corregir un número considerable de ejercicios y su trabajo se orienta a la preparación de las preguntas.
- De su estructura se deduce que la aplicación desarrollada puede implantarse fácilmente en otras materias modificando los contenidos de las bases de datos. En el futuro puede ser empleada de forma sistemática en otras asignaturas impartidas en el nuevo Plan de Estudios de Ingeniería Industrial en la ETSII-UPM y en otros centros educativos y empresas, organismos e instituciones con necesidades de formación con plataformas de tele-educación de características similares.
- Como conclusión final, el módulo de autoevaluación con preguntas de programación puede ser una herramienta muy útil desde el punto de vista docente para el aprendizaje de lenguajes de programación en asignaturas con un número elevado de alumnos y en el que sea deseable un sistema flexible y eficiente para la realización de prácticas, tarea imprescindible para la asimilación tanto de las técnicas básicas de programación como de aspecto más avanzados.

Como una de las líneas de futuro desarrollo se destaca la validación por expertos de las preguntas auto-evaluativas de acuerdo a los niveles de complejidad cognitiva.

REFERENCIAS

- Burguillo, J.C., Benlloch, J.V., Santos, J.M., Rodríguez, D.A. y Buendía, F. (2001). X-Quest: An Open Tool to Support Evaluation in Distance Learning, *Proc. ED-MEDIA 2001 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, Tampere (Finlandia).
- Catenacci, N. y Sommaruga, L. (1999). The evaluation of the Hyper Apuntes interactive learning environment, *Computers & Education*, 32, 35-49.
- Foxley, E., Higgins, C., Tsintsifas, A. y Symeonidis, P. (2000) The Ceilidh CourseMaster System – An Introduction, *4th Java in the Curriculum Conference*, South Bank University, UK.
- García-Beltrán, A. y Martínez, R. (2006). Web assisted self-assessment in computer programming learning using AulaWeb, *International Journal of Engineering Education*, 22 (5), 1063-1069
- García-Beltrán, A., Tapia, S., Martínez, R. y González, M. (2007). Automatic assessment of multi-language programming questions using AulaWeb, *WSEAS Transactions on Computers*, 6(3), 449-54
- González, M. (2005). *Sistema de Autoevaluación con Preguntas de Programación Multilenguaje Integrado en la Plataforma de eLearning AulaWeb*, Proyecto Fin de Carrera nº 04199199, ETSII-UPM.
- Laínez, N. (2007). *La importancia de innovar en los métodos educativos*, Madrid, España: Paraninfo
- Pérez, M.S., Herrero, P., Sánchez, F.M. y Robles, V. (2005) Are Web Self-Assessment Tools Useful for Training? *IEEE Transactions on Education* 48 (4), 757-763
- Sánchez, J.C. y Taylor R.L. (2005). La innovación educativa en la universidad española, *Revista de Educación*, 48, 101-118.